

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-134461

(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/304

F26B 9/06

F26B 21/14

(21)Application number : 2000-326162

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 25.10.2000

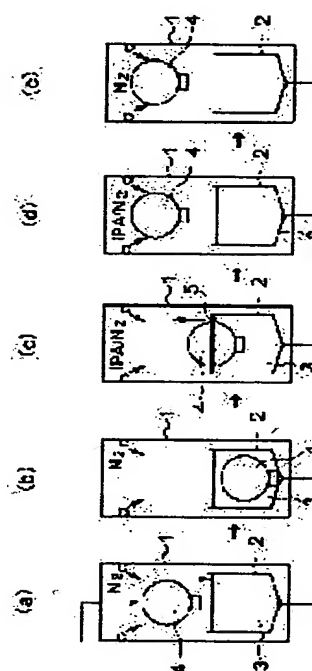
(72)Inventor : ASADA KAZUMI

(54) DRYING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of drying, with which formation of a water mark can be prevented by conducting uniform drying, even a hydrophobic surface without using a large amount of organic solvent.

SOLUTION: This method of drying comprises a step of immersing a wafer 4 in deionized water 3 (a), a step of supplying an inert gas (b), a step of, for example supplying IPA vapor and the inert gas to form an IPA layer 5 at the gas-liquid interface on the deionized water 3 (c), a step of lifting up the wafer 4 by passing through the IPA layer 5, while supplying IPA vapor and the inert gas (c), a step of further supplying prescribed amounts of IPA vapor and the inert gas (d), a step of exhausting the deionized water 3 stored in a water rinsing vessel 2, and a step of replacing the atmosphere with the inert gas to dry the wafer 4 (e).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-134461

(P 2 0 0 2 - 1 3 4 4 6 1 A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002. 5. 10)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/304	651	H01L 21/304	651 H 3L113
			651 J
			651 L
F26B 9/06		F26B 9/06	A
21/14		21/14	
		審査請求 未請求 請求項の数11	O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願2000-326162 (P 2000-326162)

(22) 出願日 平成12年10月25日 (2000. 10. 25)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 浅田 和己

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

F ターム (参考) 3L113 AA01 AB02 AC28 AC45 AC46

AC48 AC49 AC57 AC67 AC79

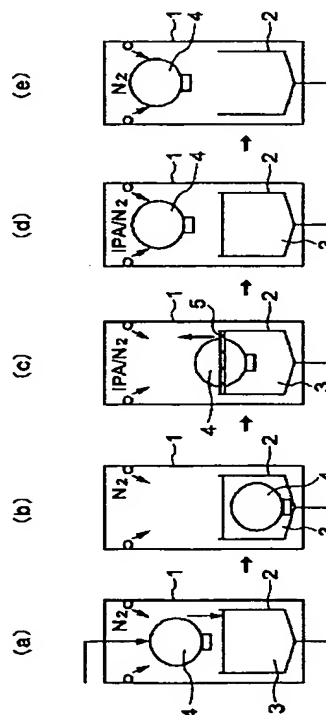
BA34 CB19 CB25 CB28 DA24

(54) 【発明の名称】 乾燥方法

(57) 【要約】

【課題】疎水化された表面に対しても、大量の有機溶剤を使用せずに均一に乾燥を行い、ウォーターマークの形成を防止できる乾燥方法を提供する。

【解決手段】ウェハ4を純水3に浸漬させる工程 (a) と、不活性ガスを供給する工程 (b) と、例えばIPA蒸気および不活性ガスを供給して、純水3の気液界面にIPA層5を形成する工程 (c) と、IPA蒸気および不活性ガスを供給しながら、ウェハ4をIPA層5を通過させて引き上げる工程 (c) と、所定量のIPA蒸気および不活性ガスをさらに供給する工程 (d) と、水洗槽2に貯留された純水3を排出する工程と、不活性ガス雰囲気中に置換して、ウェハ4を乾燥させる工程 (e) とを有する乾燥方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】被乾燥物を水洗槽に貯留された純水に浸漬させる工程と、

前記水洗槽周囲に不活性ガスを供給して第 1 の雰囲気とする工程と、

前記第 1 の雰囲気に、水と相溶する有機溶剤の蒸気および前記不活性ガスを供給して第 2 の雰囲気とし、前記純水の気液界面に前記有機溶剤の液層を形成する工程と、前記有機溶剤の蒸気および前記不活性ガスを前記第 2 の雰囲気に供給しながら、前記被乾燥物を前記液層を通過 10 させて前記第 2 の雰囲気内に移動させる工程と、前記被乾燥物を前記第 2 の雰囲気中に移動させた後、引き続きさらに所定量の前記有機溶剤の蒸気および前記不活性ガスを前記第 2 の雰囲気に供給する工程と、前記水洗槽に貯留された純水を、前記第 2 の雰囲気の外に排出する工程と、前記第 2 の雰囲気を前記第 1 の雰囲気に置換して、前記被乾燥物を乾燥させる工程とを有する乾燥方法。

【請求項 2】前記所定量は、前記被乾燥物に付着した純水が実質的に完全に前記有機溶剤に置換される範囲で設 20 定される請求項 1 記載の乾燥方法。

【請求項 3】前記所定量は、前記被乾燥物へのパーティクルの付着が十分に抑制される範囲で設定される請求項 1 記載の乾燥方法。

【請求項 4】前記所定量は、前記乾燥工程の後、前記被乾燥物に前記有機溶剤が実質的に残留しない範囲で設定される請求項 1 記載の乾燥方法。

【請求項 5】前記有機溶剤は前記被乾燥物に対する水の表面張力を上昇させる有機溶剤である請求項 1 記載の乾燥方法。 30

【請求項 6】前記有機溶剤はイソプロピルアルコールを含む請求項 5 記載の乾燥方法。

【請求項 7】前記有機溶剤の蒸気および前記不活性ガスを供給する工程は、前記有機溶剤の蒸気が凝縮してミスト化しない温度範囲で行う請求項 1 記載の乾燥方法。

【請求項 8】前記被乾燥物を純水に浸漬させる前に、前記被乾燥物の表面を疎水化させる処理を行う工程をさらに有する請求項 1 記載の乾燥方法。

【請求項 9】前記被乾燥物の表面は半導体からなる請求項 1 記載の乾燥方法。 40

【請求項 10】前記被乾燥物の表面は主にシリコンからなる請求項 9 記載の乾燥方法。

【請求項 11】前記被乾燥物の表面は主にシリコンからなり、前記被乾燥物の表面を疎水化させる処理は、希フッ酸を用いた処理を含む請求項 8 記載の乾燥方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置等の製造に用いられる乾燥方法に関し、特に、表面が疎水化さ 50

れている場合にも均一に純水を乾燥させ、ウォーターマークの形成を防止できる乾燥方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造において、成膜工程の前には下地の清浄度および下地への密着性を高くする目的で、必ず洗浄処理が行われる。これは、MOS トランジスタやバイポーラトランジスタ等のトランジスタ、電荷結合素子 (CCD; charge coupled device)、TFT (thin film transistor)、発光ダイオード (LED; light emitting diode) あるいはレーザダイオード (LD; laser diode) 等、各種の半導体装置の製造に共通する。以下、説明を容易とするため、被洗浄物をウェハとするが、被洗浄物はウェハに限定されない。

【0003】洗浄には例えばプラズマを利用するドライ洗浄と、液体を用いるウェット洗浄があるが、パーティクルの付着を少なくし、ウェハへのダメージを少なくする上ではウェット洗浄が優れている。ウェット洗浄工程の一例を、図 7 の概略図に示す。まず、ウェハ 31 を薬液槽 32 に貯留された薬液 33 に浸漬し、薬液 33 による洗浄処理を行う。次に、ウェハ 31 を薬液槽 32 から引き上げ、水洗槽 34 に貯留された純水 35 に浸漬することにより、ウェハ 31 が水洗され、ウェハ 31 に残留する薬液 33 が除去される。

【0004】次に、ウェハ 31 を水洗槽 34 から引き上げ、薬液槽 36 に移動させる。薬液槽 36 には薬液 33 と異なる薬液 37 が貯留されている。ウェハ 31 を薬液 37 に浸漬させることにより、薬液 37 による洗浄処理を行う。その後、図示しないが、ウェハ 31 を水洗槽に移動させ、上記と同様に水洗する。

【0005】薬液処理後、水洗されたウェハ 31 は最終的に乾燥槽 38 に搬入される。上記の例では、2 種類の薬液 33、37 を用いた薬液処理を行うが、単一の薬液を用いて薬液処理を行った後、ウェハ 31 を水洗して乾燥させる場合もある。また、3 種類以上の薬液を用いた薬液処理が行われる場合もある。乾燥槽 38 に搬入されたウェハ 31 は、まず、乾燥槽 38 内の水洗槽 39 に浸漬される。その後、ウェハ 31 を水洗槽 39 から引き上げ、乾燥槽 38 内で乾燥する。これにより、ウェハ 31 に付着した純水が除去される。

【0006】しかしながら、半導体プロセスの微細化に伴い、ウェハ表面に幅および高低差の小さい微細な凹凸が形成されるようになり、そのような部分が乾燥工程で純水の均一な乾燥を妨げる要因となってきた。例えば、素子形成領域と素子分離領域との間の段差や、素子が密に形成されている部分では、純水が除去されにくくなる場合がある。

【0007】ウェハ上で局所的に純水の乾燥が遅くなる

と、水シミあるいはウォーターマークと呼ばれる自然酸化膜が形成される。ウォーターマークはウェハ上に点在し、ウォーターマークの大きさは0.1～数10 μ m程度、厚さは0.1～20nm程度である。ウォーターマークはウェハ表面を疎水化する薬液、例えば希フッ酸を用いて薬液処理を行った後に形成されやすく、ウェハ表面が親水化された状態では形成されにくい。

【0008】ポリシリコン層等の導電層表面にウォーターマークが形成されると、導電層の抵抗が高くなるだけでなく、下地のパターンニングを正常に行えなくなる場合がある。例えば、2層のポリシリコン層を積層し、デュアルゲート構造のゲート電極を形成する場合、下層ポリシリコン層の表面にウォーターマークが形成されると、隣接するゲート電極間がショートする。

【0009】図8(a)は、基板41上にゲート酸化膜42を介して下層ポリシリコン層43が形成され、下層ポリシリコン層43の表面にウォーターマーク44が形成された状態を示す断面図である。次に、図8(b)に示すように、上層ポリシリコン層45を形成する。

【0010】さらに、図8(c)に示すように、上層ポリシリコン層45上にタングステンシサイド層46およびオフセット酸化膜47が形成される。図8において、下層ポリシリコン層43および上層ポリシリコン層45の膜厚を例えばそれぞれ50nmとすると、ウォーターマーク44の厚さは例えば10nm程度である。

【0011】図8(c)に示すように、ウォーターマーク44が形成されている部分に、シリコン酸化膜のエッチング選択比よりもポリシリコン層のエッチング選択比が高くなるような条件でエッチングを行うと、図8

(d)に示すように、ウォーターマーク44がエッチングストップ層となる。この場合、ウォーターマーク44直下の下層ポリシリコン層43はパターンニングされず、隣接するゲート電極48間が下層ポリシリコン層43を介してショートする。上記のように、水洗後の乾燥工程で導電層表面にウォーターマークが発生すると、トランジスタ、キャパシタあるいは配線等のショートの要因となる。

【0012】水洗後のウェハを乾燥する方法としては、スピンドライによる方法と、有機溶剤の蒸気(vapor)を用いる方法がある。スピンドライはウェハを高速回転させ、ウェハに付着した純水を遠心力により吹き飛ばしながら、純水を蒸発させる方法であるが、吹き飛ばした水滴の再付着によりウォーターマークが形成されたり、装置自体からパーティクルが発生してウェハに付着したりする。したがって、有機溶剤の蒸気を用いる方法(蒸気乾燥)が主流となっている。

【0013】蒸気乾燥に用いることができる有機溶剤としては、任意の割合で水と相溶し、かつウェハに対する水の接触角を小さくする有機溶剤、例えばメタノール、エタノール、イソプロピルアルコール(IPA)等のア

ルコール類、アセトン、ジエチルケトン等のケトン類、メチルエーテル、エチルエーテル等のエーテル類、エチレングリコール等の多価アルコール等が挙げられるが、水との置換効率や沸点、粘度、蒸気圧等の諸特性から主にIPAが用いられている。以下、IPA蒸気を用いる乾燥について説明するが、他の溶剤に変更することもできる。

【0014】図9は、IPA直接置換乾燥方式を示す概略図である。IPA直接置換乾燥方式によれば、ウェハに付着した水をIPA蒸気雰囲気中でIPAに置換し、水と置換したIPAをIPA蒸気雰囲気中で蒸発させる。まず、図9(a)に示すように、乾燥槽51内に水洗されたウェハ52を搬入する。乾燥槽51内にはIPA蒸気槽53が設けられている。IPA蒸気槽53槽内のIPAを例えばヒーター54により加熱して沸騰させ、IPA蒸気槽53槽内をIPA蒸気雰囲気にする。IPA蒸気槽53の蓋55を開けてウェハ52をIPA蒸気槽53に搬入する。

【0015】その後、図9(b)に示すように蓋55を閉める。例えば室温のウェハ52をIPA蒸気に直接さらすことにより、ウェハ52表面にIPAが凝縮して水と置換する。凝縮して液化したIPAがウェハ52表面を流れる間に、ウェハ52に付着した水を溶解して除去する。ウェハ温度がIPA蒸気温度と等しくなるまでIPAの凝縮は継続する。この過程で、ウェハ52に付着した水がIPAに置換されながら、ウェハ52が加熱される。これにより、ウェハ52上のIPAが蒸発する。

【0016】次に、図9(c)に示すように蓋55を開けて、乾燥したウェハ52をIPA蒸気槽53から搬出する。その後、図9(d)に示すように蓋55を閉めて、ウェハ52を乾燥槽51から搬出する。以上のようなIPA直接置換乾燥方式は、ウォーターマークおよびパーティクルを低減する上では、現在のところ最も優れている。

【0017】しかしながら、図9(b)に示す工程に要する時間が長く、半導体装置製造のスループットを低下させるという欠点をもつ。図9(b)の工程の所要時間を短縮する目的で加熱温度を上げると、IPAの突沸が起こり、ウェハ52の乾燥が不均一となる。

【0018】また、IPA直接置換乾燥方式はIPAの消費量が多いという欠点をもつ。例えば、8インチウェハの処理に用いられる30cm×30cm×60cm程度の大きさの乾燥槽51において、1回の処理を行うと400～500cc程度のIPAを使用する。近年、環境問題の観点から揮発性有機物(VOC; volatile organic compound)の使用の削減が求められており、IPAの使用量の少ない乾燥方法が望まれている。

【0019】上記のIPA直接置換乾燥方式に比較して、IPAの使用量を低減できる乾燥方式としては、以

下のような制御したIPA乾燥方式と、マランゴニー (Marangoni) 効果を利用した乾燥方式が知られている。図10は、制御したIPA乾燥方式を示す概略図である。図10(a)に示すように、乾燥槽61内に水洗槽62が設けられ、水洗槽62には純水63が貯留される。水洗槽62はシャッター64によりチャンバー65から隔離可能となっている。

【0020】この方式によれば、まず、図10(a)に示すように、ウェハ66を乾燥槽61内に搬入し、乾燥槽61内を窒素ガス雰囲気とする。続いて、シャッター64を開けてウェハ66を水洗槽62内の純水63に浸漬させる。次に、図10(b)に示すように、シャッター64を閉じてウェハ66を水洗する。その後、図10(c)に示すようにシャッター64を開け、ウェハ66を水洗槽62から引き上げてチャンバー65に移動させる。

【0021】次に、図10(d)に示すように、シャッター64を閉じてチャンバー65を水洗槽62から隔離させてから、IPA蒸気および窒素ガスがウェハ66に上方から吹き付けられる。これにより、ウェハ66に付着した水がIPA蒸気によって置換され、水と置換されたIPAが蒸発することにより、ウェハ66が乾燥する。以上のような制御したIPA乾燥方式によれば、例えば、8インチウェハ用の30cm×30cm×60cm程度の大きさの乾燥槽61において、1回の処理当たりのIPA使用量を75～150cc程度、例えば90ccとすることができる。

【0022】図11は、マランゴニー効果を利用した乾燥方式を示す概略図である。図11(a)に示すように、乾燥槽71内に水洗槽72が設けられ、水洗槽72には純水73が貯留される。この方式によれば、まず、図11(a)に示すように、乾燥槽71内を窒素ガス雰囲気とし、ウェハ74を乾燥槽71内に搬入する。

【0023】続いて、図11(b)に示すように、ウェハ74を水洗槽71内の純水73に浸漬させ、窒素ガスの供給を行いながらウェハ74を水洗する。次に、図11(c)に示すように、ウェハ74の水洗終了後、ウェハ74を水洗槽72から引き上げる前に、IPA蒸気および窒素ガスが上部から水面に吹き付けられる。これにより、純水73の表面に液化されたIPA層75が形成される。

【0024】ウェハを例えば純水から引き上げる場合、ウェハ表面と液界面にメニスカス部と呼ばれる勾配が形成される。IPA層75を形成すると、ウェハに対する純水の表面張力は上昇して、メニスカス部の勾配は大きくなる。すなわち、ウェハ表面の水に対して下向きに作用する力が大きくなる。したがって、ウェハ74を水洗槽72から引き上げる際に、水分が勾配を伝わって剥がされ、ウェハ上に残留しなくなる。

【0025】図11(d)に示すように、ウェハ74を

水洗槽72から引き上げた後、水洗槽72内の純水を乾燥槽71の外部に排液する。乾燥槽71内に窒素ガスを供給しながらウェハ74上のIPAを乾燥させる。以上のようなマランゴニー効果を利用した乾燥方式によれば、例えば、8インチウェハ用の30cm×30cm×60cm程度の大きさの乾燥槽71において、1回の処理当たりのIPA使用量を10cc程度とすることができる。

【0026】したがって、前述したIPA直接置換乾燥方式および制御したIPA乾燥方式と比較して、IPA使用量を大幅に削減することができる。また、乾燥処理に要する時間もIPA直接置換乾燥方式と比較して短縮される。これにより、従来問題となっていた乾燥処理におけるスループットの低下が改善される。以上のことから、マランゴニー効果を利用した乾燥方式は、IPA直接置換乾燥方式に替わる乾燥方式として注目されている。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】上記のマランゴニー効果を利用した従来の乾燥方式によれば、ウェハ表面が親水性となっている場合には問題なくウェハを乾燥させることができる。しかしながら、水洗の直前、すなわち薬液処理の最後に用いられた薬液が、例えば希フッ酸等、ウェハ表面を疎水化させる薬液であった場合には、ウェハの乾燥が不均一となる。これにより、ウォーターマークが形成されやすくなり、図8に示すように、ウォーターマークに起因するショート等が発生する。

【0028】希フッ酸処理等によりウェハ表面が疎水化されている場合、ウェハ上の気液界面における水とIPAの置換が不完全となり、ウェハに局所的に水が残留すると考えられている。例えばIPA直接置換乾燥方式のように大量のIPA蒸気を供給すれば、ウェハ表面が疎水化されている場合にも、ウォーターマークの形成を抑制することができる。しかしながら、IPAの使用量を削減する必要から、大量のIPA蒸気を供給する方式は採用できない。

【0029】このような観点から、マランゴニー効果を利用して気液界面における水とIPA（または有機溶剤）の置換を行いながら、または行った後、またはその両方でIPAのミストをウェハに供給し、ウェハへの有機溶剤の供給量を増加させることにより、ウォーターマークを低減させる乾燥方法および乾燥装置が特開平2000-124187号公報に開示されている。

【0030】上記の乾燥装置において、液状のIPA（または有機溶剤）ミストを噴霧するミスト供給手段は必須の構成要件であるが、IPA（または有機溶剤）蒸気を処理槽内に供給する蒸気供給手段は必ずしも設けられない。乾燥装置に蒸気供給手段が設けられる場合、ミスト供給手段と蒸気供給手段とは選択的に作動されることが記載されている。

【0031】また、乾燥方法の請求項にも、有機溶剤蒸気の供給はミスト供給の後に行われることが明記されている。すなわち、純水からのウェハの引き上げが終了した後、IPAミストの供給を停止して、IPA蒸気が供給される。以上のように、特開平2000-124187号公報記載の乾燥方法および乾燥装置によれば、ウェハ上の水をIPA等の有機溶剤に置換する過程では、IPA（または有機溶剤）蒸気の供給は行われていない。

【0032】上記の特開平2000-124187号公報記載の乾燥方法によれば、IPAミストを供給することにより、ウェハに付着するパーティクルが増加するという問題が起こる。液状のIPAミストは粘度の高いゲル状の粒子であり、IPAミストをウェハに対して供給すると、ウェハにパーティクルが付着しやすくなる。

【0033】例えば、レジストの残渣等に含まれる芳香族化合物や、酸化膜の残渣等とIPAミストが接触すると、粘度の高いパーティクルとなる。ゲル状のIPAミストとともに付着したパーティクルは、その後、例えばIPA乾燥のための窒素ガスパージ等を行っただけでは除去できない。

【0034】また、IPAが有機溶剤すなわち炭素化合物の一種であることから、IPAミストの温度変化やパーティクルとの反応等によってIPAが炭化し、黒色のパーティクルが生成することもある。このような黒色のパーティクルは、特にCCD固体撮像素子等、光透過性の変化が欠陥とみなされる半導体装置において、問題となる。

【0035】マラソン効果を利用するがIPAミストの供給は行わない乾燥方法としては、特開平6-326073号公報記載の乾燥方法が挙げられる。この乾燥方法によれば、図11に示すように、有機溶剤（IPA）蒸気を供給しながらウェハを純水から引き上げ、その後、乾燥槽内を減圧してウェハを乾燥させる。上記の公報には、ウェハを引き上げる間および引き上げる前にIPA蒸気を供給することは記載されているが、ウェハの引き上げ後にIPA蒸気の供給を行うことについては、特に記載されていない。

【0036】また、この公報には、乾燥槽内を減圧することにより、有機溶剤の沸点が降下するため、ウェハ表面の水と置換された有機溶剤が速やかに蒸発し、短時間でウェハを乾燥できることが記載されている。しかしながら、実際には乾燥槽内を減圧することにより、乾燥槽内の温度も低下するため、乾燥時間が明らかに短縮することはなく、温度の低下により蒸気が凝縮して液化する場合もある。

【0037】さらに、この公報には、IPA等のアルコールの蒸気を発生させるアルコール蒸気発生ユニットと、ウェハの乾燥が行われるチャンバに温度調節機能をもたせることは記載されているが、蒸気供給用管路の温度制御については記載されていない。IPA蒸気はキャ

リアガスと混合されるため、IPA蒸気を発生させる温度よりも低い温度で蒸気供給用管路を通過するが、IPA蒸気が過度に冷却されると、蒸気がミストとなりゲル化したり炭化したりするため、パーティクルが増加する。

【0038】本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、したがって本発明は、疎水化された表面に対しても、大量の有機溶剤を使用せずに均一に乾燥を行い、ウォーターマークの形成を防止できる乾燥方法を提供することを目的とする。

【0039】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の乾燥方法は、被乾燥物を水洗槽に貯留された純水に浸漬させる工程と、前記水洗槽周囲に不活性ガスを供給して第1の雰囲気とする工程と、前記第1の雰囲気に、水と相溶する有機溶剤の蒸気を供給して第2の雰囲気とし、前記純水の気液界面に前記有機溶剤の液層を形成する工程と、前記被乾燥物を前記液層を通過させて前記第2の雰囲気内に移動させる工程と、前記被乾燥物を前記第2の雰囲気中に移動させた後、引き続きさらに所定量の前記有機溶剤の蒸気を前記第2の雰囲気に供給する工程と、前記水洗槽に貯留された純水を、前記第2の雰囲気の外に排出する工程と、前記第2の雰囲気を前記第1の雰囲気に置換して、前記被乾燥物を乾燥させる工程とを有することを特徴とする。

【0040】本発明の乾燥方法は、好適には、前記所定量は、前記被乾燥物に付着した純水が実質的に完全に前記有機溶剤に置換される範囲で設定されることを特徴とする。本発明の乾燥方法は、好適には、前記所定量は、前記被乾燥物へのパーティクルの付着が十分に抑制される範囲で設定されることを特徴とする。本発明の乾燥方法は、好適には、前記所定量は、前記乾燥工程の後、前記被乾燥物に前記有機溶剤が実質的に残留しない範囲で設定されることを特徴とする。

【0041】本発明の乾燥方法は、好適には、前記有機溶剤は前記被乾燥物に対する水の表面張力を上昇させる有機溶剤であることを特徴とする。本発明の乾燥方法は、さらに好適には、前記有機溶剤はイソプロピルアルコールを含むことを特徴とする。本発明の乾燥方法は、好適には、前記有機溶剤の蒸気および前記不活性ガスを供給する工程は、前記有機溶剤の蒸気が凝縮してミスト化しない温度範囲で行うことを特徴とする。

【0042】本発明の乾燥方法は、好適には、前記被乾燥物を純水に浸漬させる前に、前記被乾燥物の表面を疎水化させる処理を行う工程をさらに有することを特徴とする。本発明の乾燥方法は、好適には、前記被乾燥物の表面は半導体からなることを特徴とする。本発明の乾燥方法は、好適には、前記被乾燥物の表面は主にシリコンからなることを特徴とする。あるいは、本発明の乾燥方法は、好適には、前記被乾燥物の表面は主にシリコンか

らなり、前記被乾燥物の表面を疎水化させる処理は、希フッ酸を用いた処理を含むことを特徴とする。

【0043】これにより、マランゴニー効果を利用して純水の気液界面で水を有機溶剤に置換し、さらに、有機溶剤蒸気を供給して水を有機溶剤に実質的に完全に置換することが可能となる。したがって、被乾燥物の表面に局所的に水が残留せず、ウォーターマークの形成が防止される。また、有機溶剤蒸気を供給するため、被洗浄物へのパーティクルの付着が防止される。また、本発明の乾燥方法によれば、従来のIPA直接置換乾燥方式に比較して、有機溶剤の供給量を大幅に低減することが可能となる。

【0044】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の乾燥方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。

（実施形態1）図1は本実施形態の乾燥方法を示す概略図である。図1に示すように、乾燥槽1内に水洗槽2が設けられ、水洗槽2には純水3が貯留される。この方式によれば、まず、図1(a)に示すように、乾燥槽1内を窒素ガス雰囲気とし、ウェハ4を乾燥槽1内に搬入する。

【0045】続いて、図1(b)に示すように、ウェハ4を水洗槽1内の純水3に浸漬させ、窒素ガスの供給を行いながらウェハ4を水洗する。次に、図1(c)に示すように、ウェハ4の水洗終了後、ウェハ4を水洗槽2から引き上げる前に、IPA蒸気および窒素ガスが上部から水面に吹き付けられる。

【0046】これにより、純水3の表面に液化されたIPA層5が形成される。この工程で、IPA層5を形成するために水面に吹き付けるIPA量は、例えば8インチウェハ用の約30cm×30cm×60cmにおいて、10cc程度でよい。窒素ガスはIPA蒸気のキャリアガスであり、アルゴン等の他の不活性ガスに変更することも可能である。窒素ガスを用いることにより、低コストで乾燥処理を行うことができる。

【0047】ウェハを例えば純水から引き上げる場合、図2(a)に示すように、ウェハ表面と液界面にメニスカス部と呼ばれる勾配が形成される。ウェハ4と純水との接触角を θ_1 とする。図2(b)はIPA層5を形成した場合のメニスカス部を示す。IPA層5を形成することにより、ウェハ4に対する純水の表面張力は上昇して、メニスカス部の勾配は大きくなる。すなわち、図2(b)における接触角 θ_2 は θ_1 よりも小さくなり、ウェハ表面の水に作用する下向きのベクトルは図2(b)の方が図2(a)よりも大きい。図1(c)に示すように、IPA層5を形成すると、ウェハ4を水洗槽2から引き上げる際に、水分が勾配で発生する下向きの力によって剥がされ、ウェハ上に残留しなくなる。

【0048】次に、図1(d)に示すように、ウェハ4を水洗槽2から引き上げた後、さらに所定量、IPA蒸

気および窒素ガスの供給を続ける。あるいは、ウェハ4を水洗槽2から引き上げた後、さらに所定の時間、IPA蒸気および窒素ガスを供給する。装置の構成上、IPA蒸気は通常一定の流量で供給されるため、供給量を制御するか、あるいは流量および供給時間を制御すればよい。

【0049】IPA蒸気および窒素ガスの供給は、ウェハ上に付着した水がIPA蒸気に完全に置換されるまで行う。例えば、ウェハの引き上げ後のIPA蒸気の供給量（以下、ポストIPA供給量とする。）と、ウェハの乾燥後に実際に形成されるウォーターマークの量との関係を調べ、それに基づいて上記の所定量を設定する。

【0050】その後、図1(e)に示すように、水洗槽2内の純水を乾燥槽1の外部に排出する。洗浄槽1内に窒素ガスを供給しながらウェハ4上のIPAを乾燥させる。ここで、本実施形態の乾燥方法によれば、乾燥槽1内の減圧を行わない。これにより、乾燥槽1内の温度低下が防止され、温度低下によるIPA蒸発速度の低下や、蒸気の凝縮が防止される。

【0051】上記の本実施形態の乾燥方法によれば、図1(d)に示す工程において、IPAミストでなくIPA蒸気を乾燥槽1内に供給する。IPAミストは粘度の高いゲル状の粒子であり、パーティクルの付着を起こしやすい。ウェハの引き上げ中およびウェハの引き上げ後にIPA蒸気を供給することにより、ウェハに付着するパーティクルを大幅に低減することができる。

【0052】（実施形態2）図3(a)は、図1(c)および(d)に示す工程でIPA蒸気を供給した場合のウェハ上のパーティクルマップを示し、図3(b)は同じ工程でIPAミストを供給した場合のパーティクルマップを示す。IPA蒸気およびIPAミストにはいずれも、キャリアガスとして窒素ガスを混合した。

【0053】一般に、IPAミストとIPA蒸気の境界は厳密に区分できないが、IPAの沸点は82.4℃であり、常圧で80～85℃のIPA蒸気で最も分子の凝集が少なくなる、すなわち分子が均一に分散した状態となることが知られている。IPA蒸気の温度が80～85℃の範囲を外れると、IPA蒸気はミスト化する。IPA蒸気を窒素ガス等の不活性ガスと混合し、適切に温度制御することにより、このようなミスト化は防止される。

【0054】図3(a)の場合、乾燥槽1内に85℃のIPA蒸気が供給されるように温度制御を行った。図3(b)の場合、乾燥槽1内に45℃のIPAミストが供給されるように温度制御を行った。これらの温度制御については、実施形態4で後述する。

【0055】図3(a)に示すように、IPA蒸気および窒素ガスを供給した場合、直径0.15μmを超える大きさのパーティクルは、1プロセスでウェハ当たり例えば30個であった。一方、図3(b)に示すように、

IPAミストおよび窒素ガスを供給した場合、直径0.15 μm を超える大きさのパーティクルは、1プロセスでウェハ当たり例えば5428個であった。IPAミストでなくIPA蒸気を供給することにより、パーティクルの付着は大幅に低減した。

【0056】図3(b)に示すように、IPAミストを供給した場合には、ゲル状のミストが異物と付着してパーティクル汚染が発生する。それに対し、図3(a)に示すように、IPA蒸気を供給した場合には、IPAの固形物が存在しないために、IPAと異物との複合物は形成されない。したがって、パーティクルの付着が起こりにくい。

【0057】(実施形態3) 上記の実施形態1におけるポストIPA供給量について、ウォーターマークの形成およびパーティクルの付着を防止する上での最適範囲を検討した。ウェハは希フッ酸処理により表面を疎水化した後、水洗したものを用いた。以下、8インチウェハの処理に用いられる約30cm \times 30cm \times 60cmの乾燥槽を用いる場合についての例を示す。

【0058】図4は、ポストIPA供給量とウォーターマーク個数の関係を示す。図4に示すように、ポストIPA供給量が0ccの場合、すなわちマランゴニー効果を利用した従来の乾燥方法(図11参照)によれば、1プロセスでウェハ当たり約2400個となる。図示しないが、ウェハに希フッ酸処理を行わず、ウェハ表面が親水性となっている状態で同様の処理を行うと、ウォーターマークは形成されないか、1個形成される程度である。

【0059】ポストIPA供給量を60cc程度に増加させると、ウォーターマークの個数は急激に減少する。さらにIPA供給量を増加させ、IPA供給量が約200ccを超えると、ウォーターマークの個数は数10個以下となり、ほとんど変化しなくなる。VOCの使用量を削減する観点から、図4の場合にはポストIPA供給量を200cc以下とすればよいことがわかる。以上から、図4の場合は、120 \sim 200cc程度が最適IPA供給量とみなせる。

【0060】図5は、ポストIPA供給量とパーティクル数あるいはIPA汚染の関係を示す。図5に示すように、ポストIPA供給量が0ccの場合、パーティクル数は1プロセスでウェハ当たり約25個である。ポストIPA供給量が約200cc以下の場合には、パーティクル数に大きな変化は見られない。ポストIPA供給量が約200ccを超えると、パーティクル数は急激に増加する。以上から、ウェハへのパーティクルの付着を低減するためには、約200cc以下が最適IPA供給量とみなせる。

【0061】一方、IPA汚染量については、ポストIPA供給量が0ccの場合のIPA汚染量を1として、相対的な比を示した。図5に示すように、ポストIPA

供給量が約200cc以下の場合には、IPA汚染量は約10以下であり、IPA汚染量の大きな変化は見られない。ポストIPA供給量が約200ccを超えると、IPA汚染量は急激に増加する。

【0062】以上から、ウェハのIPA汚染を低減するためには、約200cc以下が最適IPA供給量とみなせる。また、ウェハへのパーティクルの付着と、IPA汚染量とともに約200ccを境にして挙動が変化する。したがって、ウェハへのパーティクルの付着と、IPA汚染量との間には何らかの関連があることも示唆される。図4および図5から、本実施形態においては、ポストIPA供給量を約120 \sim 200ccの範囲とすればよいことがわかる。

【0063】(実施形態4) 図6は、本実施形態の乾燥装置の概略図である。本実施形態の乾燥装置は、上記の実施形態1に示す乾燥方法に用いることができる。図6に示すように、乾燥槽1内に水洗槽2が設けられ、水洗槽2には純水3が貯留される。水洗槽2には乾燥槽1外部に設けられた純水供給槽11から、例えばノズル12を介して純水3が供給され、貯留される。

【0064】また、水洗槽2にはドレイン部13が設けられており、ドレイン部13から乾燥槽1外部に純水3が排出される。図示しないが、乾燥槽1内には水洗槽2にウェハ4を浸漬させる、あるいは水洗槽2からウェハ4を引き上げるための昇降手段が設けられている。

【0065】乾燥槽1内には窒素ガス、またはIPA蒸気と窒素ガスの混合ガスを供給するノズル15が設けられている。乾燥槽1内を窒素ガス雰囲気とする場合には、窒素ガス供給源16からバルブ17を介してノズル15に窒素ガスが供給される。乾燥槽1内にIPA蒸気を供給する場合には、まず、IPA供給槽18からフィルタ19を通過して、IPA蒸気発生槽20にIPAが送液される。IPA蒸気発生槽20は例えばヒーター21によって加熱される。

【0066】バルブ22、23を開けると、窒素ガス供給源16からIPA蒸気発生槽20に窒素ガスが供給され、IPA蒸気と窒素ガスが混合される。混合されたガスはフィルタ24を通過してノズル15から乾燥槽1内に供給される。バルブ17、22、23の開閉を制御することにより、乾燥槽1内に窒素ガスのみ、あるいはIPA蒸気と窒素ガスとの混合ガスのいずれかを供給することができる。

【0067】上記の本実施形態の乾燥装置において、IPA蒸気発生槽20の温度をT1、バルブ17とフィルタ24との間の配管の温度をT2、フィルタ24とノズル15との間の配管の温度をT3、ノズル15から供給するミストまたは蒸気の温度をT4、乾燥槽1内の温度をT5とした。

【0068】乾燥槽1にIPA蒸気を供給する場合に、T1を50 $^{\circ}\text{C}$ 、T2を90 $^{\circ}\text{C}$ 、T3を125 $^{\circ}\text{C}$ 、T

4を85℃、T5を50℃とした。前述した実施形態2の図3(a)に示すパーティクルマップは、T1～T5を上記の各温度とした場合に得られたものである。一方、実施形態2において、IPAミストを供給した場合のパーティクルマップ(図3(b)参照)は、T1を50℃、T2を90℃、T3を70℃、T4を45℃、T5を50℃として得られたものである。

【0069】IPA蒸気を乾燥槽1内に供給する場合、配管にヒーターや保温材を巻き、特に、乾燥槽1内に導入する直前でガスが高温となるように温度制御した。これにより、IPA蒸気のみスト化が防止され、ゲル状のミストによるパーティクルの付着が防止された。

【0070】上記の本発明の実施形態の乾燥方法および乾燥装置によれば、疎水化されたウェハ表面に対しても均一に乾燥を行い、ウォーターマークやパーティクルを低減することが可能となる。例えば、マランゴニー効果を利用した従来の乾燥方式に比較して、ウォーターマークやパーティクルが低減される。また、上記の本発明の実施形態の乾燥方法および乾燥装置によれば、従来のIPA直接置換乾燥方式に比較して、IPAの使用量を半

分程度に低減することが可能である。

【0071】本発明の乾燥方法および乾燥装置の実施形態は、上記の説明に限定されない。例えば、IPA以外の有機溶剤を蒸気乾燥に用いることも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

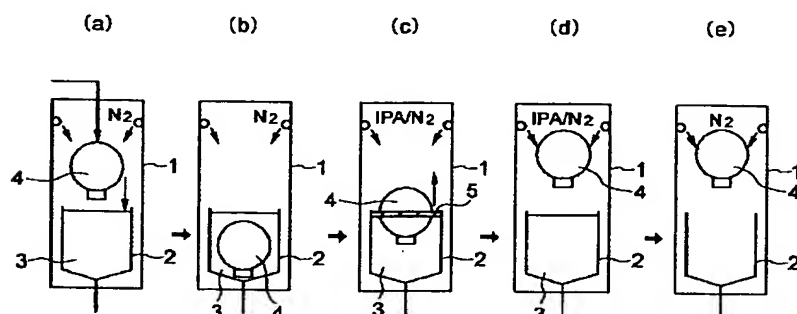
【0072】

【発明の効果】本発明の乾燥方法によれば、疎水化された表面に対しても、大量の有機溶剤を使用せずに均一に乾燥を行い、ウォーターマークの形成を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)～(e)は本発明の実施形態1に係る乾燥方法を示す概略図である。

【図1】



【図2】図2は図1(c)のメニスカス部を表し、

(a)は純水とウェハのメニスカス部、(b)はIPAが供給された純水とウェハのメニスカス部を表す。

【図3】図3(a)および(b)は本発明の実施形態2に係るパーティクルマップである。

【図4】図4は本発明の実施形態3に係り、ポストIPA供給量とウォーターマーク数の関係を表す図である。

【図5】図5は本発明の実施形態3に係り、ポストIPA供給量とパーティクル数あるいはIPA汚染量の関係を表す図である。

【図6】図6は本発明の実施形態4に係る乾燥装置の概略図である。

【図7】図7は従来の乾燥方法を示す概略図である。

【図8】図8はウォーターマークに起因するゲート電極間のショートを示す断面図である。

【図9】図9は従来の乾燥方法を示す概略図である。

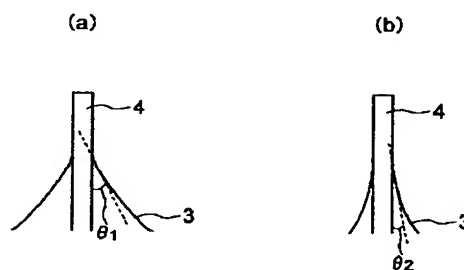
【図10】図10は従来の乾燥方法を示す概略図である。

【図11】図11は従来の乾燥方法を示す概略図である。

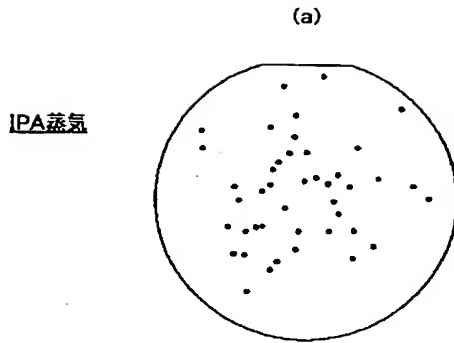
【符号の説明】

1、38、51、61、71…乾燥槽、2、34、39、62、72…水洗槽、3、35、63、73…純水、4、31、52、66、74…ウェハ、5、75…IPA層、11…純水供給槽、12、15…ノズル、13…ドレイン部、16…窒素ガス供給源、17、22、23…バルブ、18…IPA供給槽、19、24…フィルタ、20…IPA蒸気発生槽、21、54…ヒーター、32、36…薬液槽、33、37…薬液、41…基板、42…ゲート酸化膜、43…下層ポリシリコン層、44…ウォーターマーク、45…上層ポリシリコン層、46…タングステンシリサイド層、47…オフセット酸化膜、48…ゲート電極、53…IPA蒸気槽、55…蓋、64…シャッター、65…チャンパー。

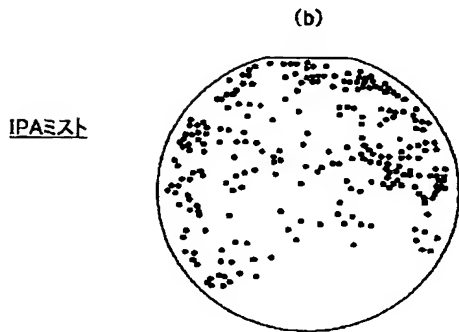
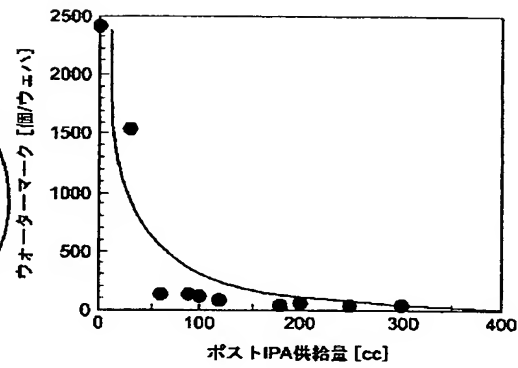
【図2】



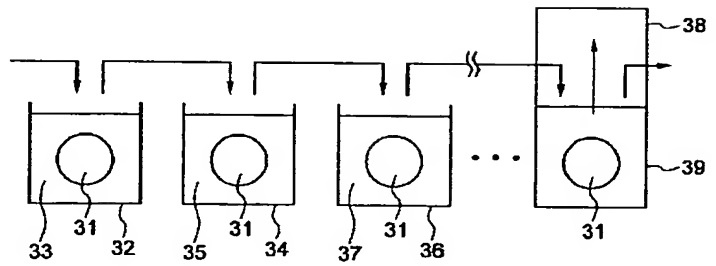
【図 3】



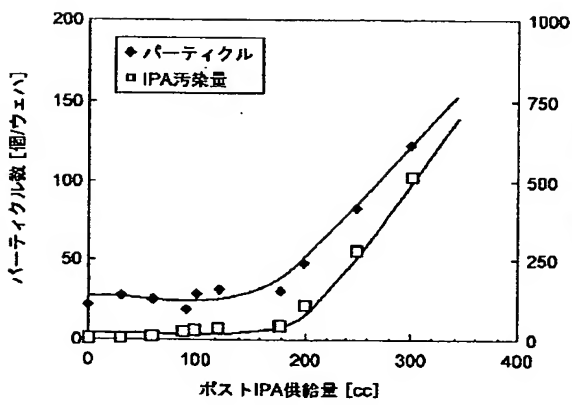
【図 4】



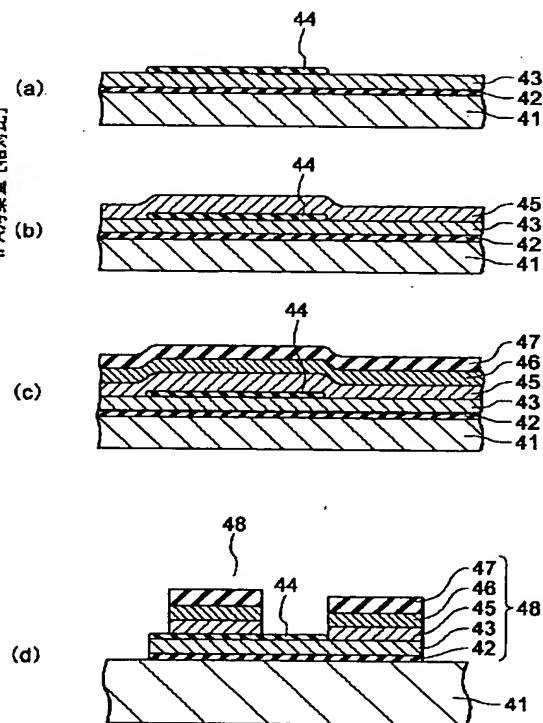
【図 7】



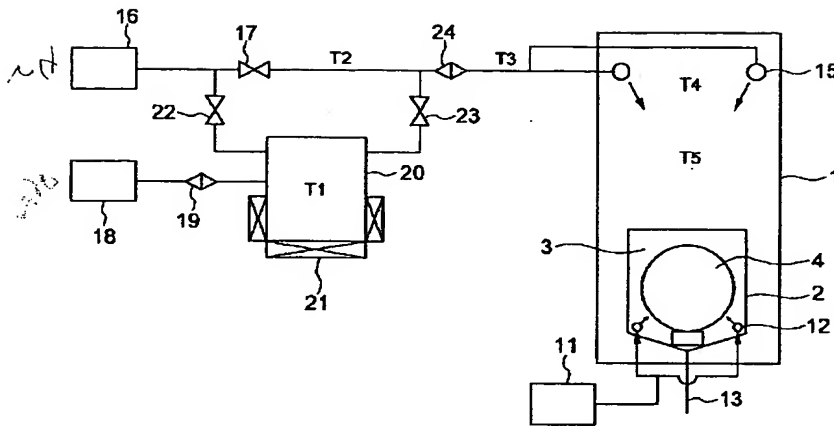
【図 5】



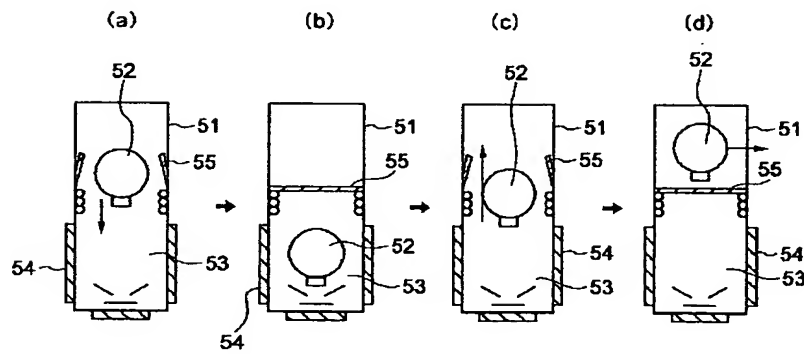
【図 8】



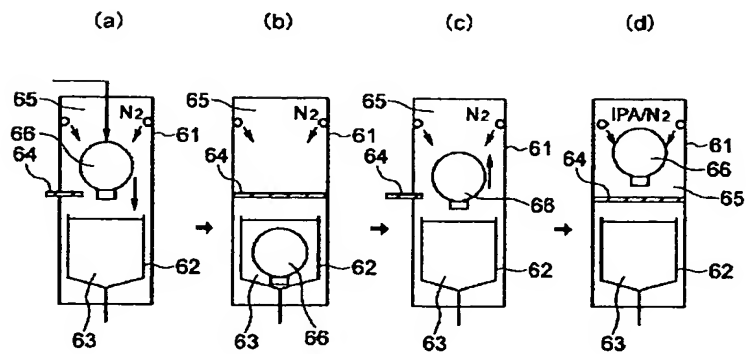
【図 6】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

